

**De directives sentencieuses en formations minimalistes :
persistance d'une épistémologie empiriste dans les
textes, manuels et pratiques. Exemples dans
l'enseignement en France et en Suisse**

Jean-Yves Cariou

► **To cite this version:**

Jean-Yves Cariou. De directives sentencieuses en formations minimalistes : persistance d'une épistémologie empiriste dans les textes, manuels et pratiques. Exemples dans l'enseignement en France et en Suisse. Hugues Galli, Nicole Verney-Carron, Jean-Pascal Alcantara, Martine Jacques, Laurence Maurel. Les didactiques au prisme de l'épistémologie. Une approche plurielle, pp.121-134, 2013, 978-2-36441-057-2. <<http://eud.u-bourgogne.fr/sciences-de-l-education/376-les-didactiques-au-prisme-de-l-epistemologie-9782364410572.html>>. <hal-01535195>

HAL Id: hal-01535195

<https://hal.univ-antilles.fr/hal-01535195>

Submitted on 8 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**De directives sentencieuses en formations minimalistes :
persistance d'une épistémologie empiriste dans les textes,
manuels et pratiques. Exemples dans l'enseignement
en France et en Suisse**

Dans H. Galli, N. Verney-Carron, J.-P. Alcantara, M. Jacques et L. Maurel (dir.) (2013), *Les didactiques au prisme de l'épistémologie. Une approche plurielle*, Dijon : Éditions Universitaires de Dijon, p. 121-134.

Une comparaison entre les systèmes éducatifs suisse et français du point de vue de la dimension épistémologique dans la formation des enseignants scientifiques, dans les approches des manuels scolaires et les « standards » récemment définis permet de repérer de nombreux traits communs, mais aussi, parfois, des différences significatives. Pour la France, la formation des enseignants, nationale, se fait au sein des IUFM, tandis qu'en Suisse, elle est cantonale, en HEP (Hautes Écoles Pédagogiques) : la HEP de Lausanne (HEPL) dans le canton de Vaud est choisie à titre d'exemple, celles de Saint-Gall et de Genève étant citées en complément.

1. Formations et instructions pour les enseignants

1.1. Directives et réalités dans les formations d'enseignants

Les directives générales dans les deux systèmes sont semblables sur le fond : la formation des enseignants doit, en France, inclure les principaux apports de l'épistémologie concernant la genèse et l'évolution de la discipline (IUFM), tandis qu'il convient à la HEPL de connaître la genèse et l'évolution de la discipline, et d'en discerner les rapports et les limites. La similitude se retrouve également dans la forme : ces directives constituent des mentions éparses au sein de l'énumération de compétences professionnelles générales.

Ces prescriptions ont une traduction minimaliste dans la plupart des plans de formation en sciences des IUFM et des HEP, l'épistémologie étant au mieux abordée à travers une courte sensibilisation (quelques heures) à l'histoire des sciences (cet état des lieux a été établi avant les modifications liées aux réformes en cours (masterisation en France, *HarmoS* en Suisse), qui ne paraissent cependant pas devoir révolutionner les approches dans ce domaine).

Dans ce paysage morose, l'éclosion dans le canton de Vaud d'une formation spécifique conséquente apporte un contraste marqué : un module de 90h y est consacré à des « considérations épistémologiques dans l'enseignement des sciences » afin de « répondre de ses choix didactiques en fournissant des arguments fondés sur l'épistémologie »¹. Ce module intègre notamment les points suivants :

- Manifester une compréhension critique de la nature de la science et de ses démarches ;
- Répondre de ses choix didactiques en fournissant des arguments fondés sur l'épistémologie contemporaine ;
- Critique et dépassement du modèle de construction du savoir scientifique dit OHERIC. Sont examinés en particulier le statut de l'observation et de la théorie, la place de la problématisation, le rôle de l'induction et le rôle de la déduction.
- La responsabilité de l'enseignant quant à l'image de la science qu'il véhicule.

Le module impose par ailleurs la lecture d'ouvrages de base de Bachelard et Chalmers. Mis en place par J.-C. Noverraz, il est en prise directe, nous y reviendrons, avec la recherche effectuée dans ce domaine au sein de HEP suisses.

1.2. Des programmes parés d'ambitieuses proclamations épistémologiques

1.2.1. Aspirations en France

Les programmes scientifiques du secondaire, en France, demandent de faire réfléchir les élèves sur la façon dont se construisent les savoirs. On précise pour le collège, que cela se produit « de manière rarement linéaire et progressive mais par tâtonnements, par remise en cause de théories incomplètes ou erronées »², et qu'il s'agit d'une construction humaine progressive et non d'un ensemble de vérités révélées³. Ces aspects sont confortés dans les programmes de lycée : les approches historiques préconisées en SVT ont pour objectif principal explicite de « comprendre l'évolution d'un savoir scientifique »⁴, tandis qu'il s'agit, en Physique, de « connaître les controverses passées, les longues impasses comme les avancées brutales, les grandes synthèses qui surprennent le bon sens et bouleversent la perception immédiate et intuitive du monde. »⁵

¹ Unité U642, http://www.hepl.ch/fileadmin/de/documents/spds/descriptif_modules_SP_06-07.pdf

² Introduction aux programmes de SVT au collège, 2004.

³ Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques, B.O. Hors-Série N°5, 25 août 2005.

⁴ Document d'accompagnement du programme de SVT de Terminale S, février 2002.

⁵ BO n°2, 30 août 2001.

Le programme de 1^e S de Physique comporte même un vibrant plaidoyer anti-inductiviste, indiquant que l'observation ne devient scientifique que si elle mène au questionnement et à la conjecture : s'interroger sur la cause du mouvement brownien et y "voir" les molécules sous-jacentes représente « une anticipation d'une hardiesse qui étonne encore ». Ces images mentales sont déclarées indispensables pour élaborer des expériences nouvelles. La spéculation, l'imagination, la créativité sont louées, ce que résume une formulation très constructiviste : « Comprendre, c'est toujours reconstruire le réel par la pensée. »⁶

Les nouveaux programmes de lycée (2010) mettent davantage encore l'accent sur la dimension épistémologique. Ceux de SVT sont même explicitement déclarés moins lourds dans le but de dégager du temps afin de faire comprendre ce qu'est le savoir scientifique, son mode de construction et son évolution au cours de l'histoire des sciences, et assurer de l'existence d'un allègement pour cause de préoccupation épistémologique est sans nul doute une première. Ceux de Physique, qui mentionnent une histoire accompagnée d'un « impressionnant cortège d'hypothèses fausses, de notions erronées », intègrent une référence bachelardienne en mentionnant *l'obstacle épistémologique* des apparences sensibles. Le lien entre épistémologie et didactique est explicité, ce type d'obstacle se retrouvant dans les blocages créés par les représentations *a priori* des élèves. L'écart entre les deux domaines doit apparaître aux élèves, mais les erreurs commises par de grands esprits sont jugées propres à rassurer les élèves quant à leurs propres errements.

En Physique, les élèves découvrent également la diversité de la démarche scientifique, « qui ne se réduit pas à une progression séquentielle : observation — modélisation – vérification (ou réfutation), illustrée par la démarche d'investigation, qui est d'essence pédagogique. » Problème de cohérence, la même (?) démarche d'investigation est décrite dans le même temps par les programmes de SVT comme initiée non par l'observation de faits, mais par l'analyse faite par l'enseignant des idées des élèves (acquis et conceptions), et non séquentielle.

1.2.2. Exhortations helvètes

Suivant le *Plan d'études vaudois* (collège)⁷, les élèves sont initiés aux allers-retours « entre question, hypothèse, expérience, essai, erreur, débat scientifique ». On étudie même les sciences à l'école *pour* « s'initier aux méthodes et outils de la démarche expérimentale », hypothético-déductive. D'autres entrées figurent dans les plans d'études d'autres cantons suisses : établir des liens entre différentes

⁶ B.O. HS n°7 du 31 août 2000.

⁷ <http://www.educatif.ch/documents/pev789.pdf>

visions du monde au cours de l'histoire (canton de Saint-Gall), « s'exercer à l'activité créatrice de la recherche » et « s'exercer au débat scientifique » (Canton de Genève)⁸.

Au gymnase (lycée), les élèves doivent en outre prendre conscience des limites des théories scientifiques, comprendre le rôle de la méthode expérimentale et des modèles théoriques, connaître différents modes de pensée anciens et modernes.

Les *standards de base* récemment définis en Suisse (projet HarmoS) stipulent que les élèves doivent soulever des problèmes, émettre des hypothèses, réaliser des investigations, mais aussi réfléchir sur les méthodes de recherche. Il est spécifié dans les *compléments aux standards de base* (qui ont un statut moindre) que les scientifiques parcourent souvent des cheminements sinueux, et qu'il y a « de multiples démarches que l'on ne peut pas cantonner à une suite d'étapes, telle que : Observations, Hypothèses, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion ». La dénonciation d'une inflexible linéarité faite par Giordan en 1978 est donc reprise en se référant implicitement au sigle OHERIC qu'il avait alors forgé, bien que le pluriel introduit ici pour « Hypothèses » en amoindrisse, sans doute sans calcul, l'intensité.

Globalement, l'épistémologie qui imprègne les recommandations méthodologiques des deux systèmes est de type hypothético-déductive, explicitement en Suisse et visiblement en France dans le cadrage des démarches d'investigation. Le terme d'induction, si présent dans les instructions pendant la majeure partie du XXe siècle, a quasiment disparu des textes officiels des deux systèmes scolaires en Physique (si ce n'est pour l'induction... électromagnétique).

Les deux systèmes scolaires n'échappent cependant pas aux enquêtes et aux bilans internationaux qui établissent, en dépit des textes, le caractère empiriste et inductiviste de la grande majorité séquences de sciences...

2. Quelques exemples significatifs dans les manuels scolaires

L'analyse d'exemples révélateurs dans les deux pays (tirés de manuels scolaires et de documents officiels), montre bien combien les orientations épistémologiques générales peuvent être biaisées ou ignorées. L'examen de certaines formulations du *socle commun* (France) et des *standards* (Suisse)

⁸ *Plan d'études de l'enseignement primaire – IE-6P*. Rentrée 2007. République et Canton de Genève.

ainsi que de sujets du CAPES (France) complète la mise en évidence d'une épistémologie empiriste, qui, dans la lignée des proclamations de Newton, veut ignorer l'hypothèse ou neutraliser son rôle.

2.1. De l'expérience avant toute chose (France, SVT)

Un manuel scolaire français de 1^e scientifique⁹ narre la découverte du premier neurotransmetteur de la manière suivante, sous le titre « **Une expérience historique** » (*c'est moi qui mets certains termes en gras*) :

« En 1921, le pharmacologue Otto Loewi **réalise une expérience** concernant la transmission synaptique. Ayant **prélevé** le cœur d'une grenouille avec son innervation parasympathique (vous avez vu en Seconde que le nerf vague est capable de diminuer la fréquence des battements du cœur), il **le place** sous perfusion d'une solution saline et **constate** qu'il continue à battre normalement. Il **prélève** alors le cœur d'une seconde grenouille, cette fois sans ses nerfs, et **le plonge** dans cette solution saline. Là encore, le cœur bat normalement. Il **stimule** le nerf vague associé au premier cœur : ses battements ralentissent. Il **le sort** alors de la solution saline, **y place** le second cœur qui se met à ralentir en dehors de toute stimulation nerveuse...
Loewi formule alors l'hypothèse qu'une substance chimique, le Vagusstoff ou substance vagale, résultant de la stimulation du nerf parasympathique du premier cœur, a été libérée dans le liquide de perfusion. Il lui faudra douze années pour démontrer que cette substance est l'acétylcholine. **Multipliant les expériences**, Loewi **constate** qu'en stimulant les nerfs sympathiques [...], il obtient une accélération des battements cardiaques. »

Qu'apprend l'élève dans cette narration ? Il s'agit, nous dit le titre, d'une expérience historique. Et en effet, pour peu qu'une « expérience » consiste en une suite de manipulations, nous sommes servis. Successivement, Loewi prélève, place, constate, prélève encore, plonge, constate à nouveau, stimule, observe, remplace les cœurs, constate enfin sans stimuler. Alors, seulement, au second paragraphe, paraît une hypothèse. Jusque là, nulle idée directrice n'est signalée : les observations succèdent aux expériences, le savant alternant constats doctes des faits et actes mystérieux aux motivations obscures. Pourquoi le chercheur prélève-t-il un cœur, puis un autre, l'un avec nerf et l'autre sans, etc. ? Quand l'hypothèse paraît, elle ne sert de fil directeur à aucune expérience : seul le nom et la nature de la substance paraît importer. Suit une nouvelle « multiplication des expériences », sur les autres nerfs, conduisant à une autre découverte.

La narration du manuel scolaire est bien différente de celle des historiens des sciences et de Loewi lui-même. L'hypothèse d'une substance chimique libérée par le nerf et ralentissant le cœur, loin de découler de l'expérience relatée, la précède de... 17 ans. Elle naît, de plus, dans un cadre de controverses, d'idées préconçues, d'observations problématiques rejetées. L'idée d'un nerf capable de ralentir le cœur allait à l'encontre du paradigme selon lequel un nerf doit stimuler, et en avait fait

⁹ *Sciences de la Vie et de la Terre*, 1^{re} S, Nathan, 2001, p. 208.

rejeter l'observation par son premier auteur qui croyait à une erreur technique (Volkman, 1838) avant qu'une réception sceptique et même hostile n'accueille l'annonce d'un arrêt complet du cœur obtenu via ce même nerf (par les frères Weber, 1845). De leur côté, d'autres auteurs montrent qu'un autre nerf accélère le cœur (les frères Cyon, 1866). En 1903, Loewi s'interroge sur ces effets opposés, alors que les manifestations électriques de ces nerfs sont à peu près identiques. Il imagine qu'il pourrait y avoir un lien entre ce fait et la façon dont certaines drogues stimulent tandis que d'autres dépriment, et suggère que les deux nerfs libèrent des substances chimiques différentes à leurs extrémités lorsqu'ils sont stimulés. Loewi (1960) narre lui-même la suite, l'inspiration lui venant en pleine nuit, en 1921 :

« Je m'éveillai, allumai la lumière, et jetai quelques notes sur un petit bout de papier. Puis je me rendormis. Il me revint à six heures du matin que j'avais écrit quelque chose de très important, mais j'étais incapable de déchiffrer mon écriture. Ce dimanche fut le jour le plus désespéré de toute ma vie scientifique. La nuit suivante, à trois heures du matin, l'idée me revint. C'était celle d'une expérience permettant de déterminer si oui ou non l'hypothèse de la transmission chimique que j'avais formulée dix-sept ans auparavant était correcte. (...) Je me levai immédiatement, me rendis au laboratoire, fis une simple expérience sur un cœur de grenouille en accord avec mon intuition nocturne. »

Dans la reconstruction historique opérée par le manuel, le lien expériences-découvertes paraît direct, comme d'ailleurs le suggère le titre même donné à l'encadré. Des expériences réalisées sans trace des idées y ayant mené : une narration en conformité avec ce que vit l'élève par ailleurs quand, en arrivant en classe, on lui fait faire une série d'observations ou d'expériences dont il ne connaît pas le sens, mais d'où jaillira la "découverte".

2.2. Trajectoires et démarches rectilignes (Physique, Suisse et France)

Au collège, un manuel scolaire de Physique utilisé dans le canton de Vaud¹⁰ invite les élèves à s'intéresser à la propagation de la lumière. L'approche proposée utilise des observations avec une chambre noire, décrites ci-après, suivie d'une interprétation de la formation de l'image par une trajectoire rectiligne (non présentée ici) :

¹⁰ Physique-Chimie, vol. 2, éd. *Loisirs et pédagogie* (LEP), p. 504, 2008.

La propagation de la lumière

La lumière se propage depuis la source qui l'émet jusqu'à l'œil qui la regarde, ou jusqu'aux récepteurs de lumière. Comment se propage-t-elle ?

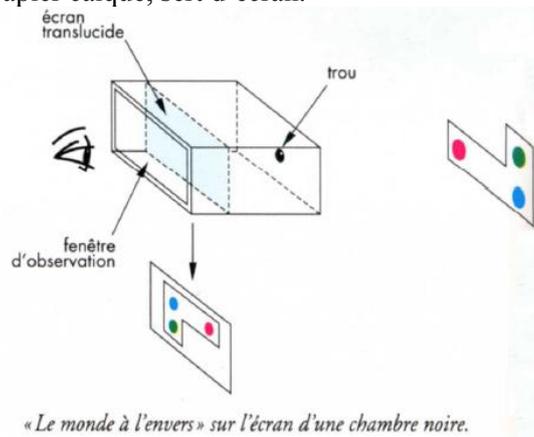


(National Geographic, août 1989)

En observant les bords droits d'un faisceau lumineux, on peut penser que la propagation de la lumière est rectiligne. Diverses expériences vont confirmer cette hypothèse.

Observations avec une chambre noire

Une chambre noire est une boîte fermée. Un petit trou percé sur une des faces laisse entrer la lumière. La face opposée, faite d'une feuille de papier calque, sert d'écran.



Expérience

Observons le monde extérieur avec la chambre noire. Le résultat est surprenant : sur l'écran translucide apparaît une image colorée, lumineuse, renversée et un peu floue.

Expérience

Afin de rendre le phénomène plus lumineux, on recommence l'expérience précédente en prenant comme sources 3 lampes de couleurs différentes. On observe bien l'image colorée et renversée de ces 3 lampes.

La chambre noire a été utilisée dès le XVI^e siècle pour la reproduction de dessins. Elle est le précurseur de l'appareil photographique.

On relève une interrogation initiale d'envergure : « Comment » se propage la lumière ! Mais la suite du texte montre qu'on ne s'intéresse qu'au trajet suivi, et non à la manière dont a lieu la propagation. C'est « en observant les bords droits d'un faisceau lumineux » qu'on en vient à formuler l'hypothèse que ce trajet est rectiligne. Sans faire spécialement appel à cette observation précise, on peut se demander quelles autres hypothèses auraient pu être proposées, les élèves ayant probablement déjà, la nuit, braqué une lampe de poche sur un objet, vu un phare ou la lumière des lasers de boîtes de nuit, quand ce n'est pas celle des armes de films de science-fiction. Le caractère énigmatique de la

question initiale paraît peu prononcé, et, dans ce cas, on ne cherche qu'à conforter ce dont les élèves ne doutent guère. L'hypothèse d'un trajet en zigzag ou courbe, si elle avait pu trouver quelque support, aurait accru l'intérêt de la recherche.

On annonce d'avance que les « expériences » qui vont être décrites « vont confirmer cette hypothèse » : tel paraît donc être leur rôle, et non de tenter d'infirmer. La succession des étapes, autant que la trajectoire de la lumière, paraît ne pouvoir qu'être rectiligne, sans errances : question, hypothèse (la "bonne"), expériences, confirmation.

Surgit alors la chambre noire, dont on voit mal le lien avec l'hypothèse à tester, et dont l'arrivée dans la classe montre qu'il ne s'agit pas de laisser l'initiative aux élèves. Mais, surtout, si l'image obtenue s'explique en effet avec un trajet rectiligne, elle s'explique aussi en supposant un trajet courbe de la lumière, ou même biscornu.

Cette même question de la propagation de la lumière est traitée dans un document officiel français destiné aux enseignants¹¹, avec d'ailleurs la même interrogation initiale bien vaste :

COMMENT SE PROPAGE LA LUMIÈRE ?

Étude expérimentale

Matériel

- **Professeur** : laser ou « flèche laser » ou projecteur de diapositives réglé pour obtenir un faisceau fin.
- **Élève** : source (lampe), feuille de papier A4, fente, petit écran.

Faisceau et tache de lumière sur le mur

Le laser est branché, une mince tache de lumière apparaît sur le mur (attention aux yeux).

Rien n'est visible entre les deux. Y a-t-il de la lumière entre les deux ? Comment peut-on le savoir ?

Les élèves proposent en général de la fumée, de la poussière, plus rarement un objet diffusant de plus grande taille et pratiquement jamais une vision directe qui, dans le cas d'un laser, serait d'ailleurs à proscrire.

Le traitement est ici différent : après l'interrogation initiale apparaît directement une « étude expérimentale », sans place pour une quelconque hypothèse à tester concernant la trajectoire suivie, ni avant, ni après la projection. On ne retrouve pas l'enchaînement qui, malgré son côté artificiel, servait de fil conducteur explicite dans le manuel suisse : question, hypothèse, expériences pour « confirmer » l'hypothèse. On passe, en revanche, à un problème pragmatique : comment peut-on savoir s'il y a de la lumière entre la source et l'écran ? Pour engager les enseignants dans sa résolution en s'appuyant sur les propositions possibles des élèves, des indications utiles sont fournies sur les solutions habituellement avancées par ceux-ci.

¹¹ Collège – Physique-chimie – *projet de document d'accompagnement*. Direction générale de l'enseignement scolaire, 2008.

Le manuel suisse présente une « démarche » très formelle, avec une hypothèse précédant les expériences mais sans initiative des élèves, tandis que le document français préconise, à l'inverse, une séquence sans hypothèse après l'énoncé de la question, mais avec ensuite une part d'initiative laissée aux élèves. Si les biais méthodologiques ne sont pas les mêmes, on peut douter, dans les deux cas, de la valeur de ce que peuvent en retirer les élèves quant à la nature des cheminements scientifiques.

Ces exemples ne sont pas isolés, et illustrent la distance conséquente qui sépare les belles proclamations d'intention des textes officiels généraux et leur faible prise en compte par les auteurs de manuels ou de documents de mise en œuvre dans les classes.

Mais, plus significativement encore, des écarts remarquables peuvent être relevés entre ces exhortations et d'autres documents officiels, aussi récents que de grande envergure et qui visent à standardiser les pratiques : les « standards » suisses et leur équivalent, le « socle commun » français.

3. Exemples dans les « Standards »

3.1. Standards suisses

Les standards suisses du projet *HarmoS* énoncent des « compétences de base » que les élèves doivent acquérir, et proposent des énoncés de « tests » destinés à en vérifier l'acquisition. Ainsi les élèves doivent-ils être capables « d'émettre des hypothèses simples et de déterminer les conditions pour leur examen ».

Pour des élèves de 14 ans, il s'agit, dans l'un des exemples fournis, de prendre connaissance d'un texte sur la formation de mousse de savon dans de l'eau minérale, avant de se prononcer sur une hypothèse sur ce sujet¹² :

« Dans la nature, l'eau coule par-dessus les pierres et le gravier avant de pénétrer dans la terre. Pendant ce trajet, l'eau absorbe de précieux minéraux, entre autre du calcaire (carbonate de calcium). [...]. Si on dissout du savon [...] dans de l'eau, il n'en résulte pas tout de suite de la mousse. En effet, le savon se lie d'abord avec le calcaire dissous dans l'eau pour former du savon calcaire. »

« TA TÂCHE – Quel est ton avis sur l'hypothèse suivante ?
Relis encore une fois l'information qui précède, puis coche la bonne réponse.

¹² Consortium HarmoS sciences naturelles, p. 209.

<i>juste</i> O	<i>faux</i> O	<i>hypothèse :</i> Pour obtenir une “belle” mousse de savon, il faut ajouter un plus grand nombre de gouttes de savon à l’eau minérale qu’à la même quantité d’eau distillée.
Vérifie cette hypothèse par une expérience comparative en ajoutant de l’eau savonneuse à de l’eau minérale, puis à de l’eau distillée.		
Décris ta manière de procéder.		

Le statut de l’hypothèse, sa raison d’être et son utilité posent ici problème. Des informations fournies, ce qu’affirme la pseudo-hypothèse *s’ensuit nécessairement* ! La tâche se résume à reconnaître l’identité des conditions, et des formulations « pas tout de suite » et « il faut un plus grand nombre de gouttes » : exercices de logique et de français si l’on veut, mais on voit mal en quoi est travaillée ici la notion d’hypothèse, entité qu’on peut d’ailleurs trancher par un “avis” qui permettrait de la déclarer “juste” ou fausse.

Après quoi il s’agit... de la vérifier : il était donc peu probable qu’elle fut fausse. « Déterminer les conditions » pour l’examen des hypothèses paraît se réduire à « décris ta manière de procéder », puisque la procédure à suivre est fournie.

3.2. Socle commun français

Dans les capacités attendues comme fondamentales, puisqu’intégrées au socle, figure celle-ci :

« L’élève doit être capable de pratiquer une démarche scientifique :

- savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider »¹³

« Formuler une hypothèse et la valider » : une manière d’envisager l’usage de l’hypothèse en recul important par rapport à de nombreux textes officiels antérieurs, et, surtout, non conforme à toute une série d’études historiques et épistémologiques

Dans la logique du “socle” français, il suffit donc que l’hypothèse soit acceptée par le professeur pour savoir qu’elle ne peut qu’être valide, puisque tel est son seul devenir possible.

Les élèves, le constatant au fil des répétitions de cette procédure, le comprendront vite. Et en procédant par induction !

Épistémologiquement, ne songer qu’à vérifier correspond au critère vérificationniste néo-positiviste du Cercle de Vienne, vivement combattu par Karl Popper. Jacques Monod faisait remarquer il y a plus de quarante ans : « les critères de signification et de vérifiabilité que propose l’école néo-positiviste sont inopérants » (1973, p. 2).

¹³ <http://eduscol.education.fr/pid23410-cid47414/competence-3.html>

Les mots de Jacques Rohault sur le rôle des expériences, en 1671, suffiraient même à fournir deux améliorations : elles sont destinées, écrit-il, à « faire découvrir la vérité ou la fausseté des opinions conçues » (1671, préface).

Une amélioration concernant l'alternative (vérité ou la fausseté), une autre, le pluriel (opinions conçues).

Didactiquement, le “socle” correspond bien à l'une des « caractéristiques génériques des options inductivistes dans l'enseignement des sciences » relevées par Johsua et Dupin, la *validation opératoire* : « La loi, non questionnée dans de véritables expériences tests (...) sera, au mieux, vérifiée. » (1993, p. 217-219).

4. Un exemple dans le recrutement des enseignants

Les rapports du jury des concours de recrutement d'enseignants scientifiques, en France, fournissent aux candidats des indications sur la manière dont on attend qu'ils conduisent leurs futures séquences en classe. En 2008, pour le CAPES de SVT, un seul exemple de traitement de sujet de l'oral pédagogique (« épreuve sur dossier ») était fourni¹⁴. Le problème à traiter était, en géologie (terminale S), celui de l'existence d'un magmatisme dans les zones où une plaque s'enfonce sous une autre (subduction), alors que les conditions de pression et de température ne permettent pas, *a priori*, l'apparition de magma. Comment l'expliquer ?

Le jury donne des recommandations générales pour la résolution de problèmes :

Il ne faut pas hésiter à mettre en œuvre une démarche scientifique. (...) La formulation d'une hypothèse nécessite une bonne identification du problème scientifique et doit exprimer une relation de cause à effet supposée. Elle peut être à l'origine de la recherche de conséquences vérifiables.

Mais dans la progression donnée en exemple, après l'énoncé du problème apparaissent « Les étapes résolutive » qui débutent non par l'émission d'hypothèses, mais par :

« 1. Étude des roches magmatiques des zones de subduction

Compositions minéralogique et chimique des roches magmatiques des zones de subduction. »

Il s'agit de faire observer aux élèves des roches au microscope, puis un tableau indiquant leur composition chimique.

L'orientation vers l'observation des compositions (minéralogiques et chimiques) des roches ne résulte pas de l'émission d'une hypothèse, selon laquelle s'il y a formation d'un magma alors que vu les conditions, cela ne devrait pas, c'est que les roches ont une composition particulière : bien au

¹⁴ http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/capes/documents/pdf_2008/D_Oral_dossier.pdf

contraire, « l'étude des compositions des roches magmatiques des zones de subduction révèle » la particularité en cause. Une révélation en effet, car le tableau fourni indique huit différences entre les roches particulières de cette zone et les autres : comment font les élèves, s'ils ignorent la solution, pour identifier LA donnée significative parmi huit ? Les élèves n'ont aucune connaissance leur permettant de pointer, dans l'alignement des suspects, le (ou les) coupable(s) : ces roches sont spécialement riches en silice, en Al_2O_3 , en K_2O , en H_2O , en Na_2O et en oxydes de fer, et pauvres en CaO et MgO .

C'est « leur richesse en eau » que l'étude « révèle ». Soit. Admettons que nous supposions qu'il y a là un facteur déterminant. Cette donnée, en soi, n'a pas valeur de preuve : au mieux engendre-t-elle, à ce stade, une hypothèse ! Le problème de départ étant « comment expliquer le magmatisme des zones de subduction » alors que les paramètres physiques ne le permettent pas, il reste à mettre à l'épreuve cette supposée influence de l'eau. Mais ce n'est pas du tout ce qui est proposé : l'observation de la composition *suffit* à faire admettre cette différence-là comme probante, puisque la partie suivante concerne :

« 2. La recherche de l'origine de l'eau des roches magmatiques des zones de subduction ».

Ce qui est une toute autre question... mais correspond au programme à couvrir.

L'ensemble reflète une bien étrange épistémologie. Notons qu'en soumettant le problème initial à des élèves de terminale S dans les conditions de cet exemple, ils proposent diverses hypothèses, à la fois pertinentes et testables : « c'est une autre roche qui fond », « dans ces zones le magma se forme plus bas et remonte ».

Mais dans l'approche préconisée, on se précipite du problème aux mesures, au concret, sans réflexion préalable sur les solutions possibles, ce qui nous rappelle cette analyse de Bachelard dans *La formation de l'esprit scientifique* (1938, p. 254) : « Voyons l'esprit préscientifique se précipiter au réel », ainsi que cette mise en garde : « Il faut réfléchir pour mesurer et non pas mesurer pour réfléchir ».

Ainsi, dans les deux pays, les plans de formation généraux affichent des ambitions épistémologiques dont l'ampleur n'a d'égale, jusqu'à présent, que la pauvreté détectable non seulement dans les exemples de mises en œuvre mais également, et c'est plus inquiétant, dans ces édifices récents qui ont fait grand bruit sur les deux rives du Léman et ailleurs : le « socle commun » en France, les « standards » en Suisse.

Nous en retirons l'idée générale que les harangues ne sont pas suffisantes, et qu'elles doivent s'accompagner d'exemples de mises en œuvre dans les classes conçues par des formateurs disposant d'une culture épistémologique suffisante, ou au moins soumises à leurs regards.

Signalons dans ce sens une approche fondée sur le "jeu des possibles", testée dans les deux systèmes scolaires, français et suisse, et destinée à établir un meilleur lien entre les proclamations épistémologiques officielles, la formation des enseignants et les pratiques effectives en classe. Basée sur des analyses épistémologiques, cette approche non linéaire, dénommée DiPHTeRIC en contrepoint d'OHERIC, vise à favoriser la mise en œuvre de cheminements fondés sur les hypothèses et les propositions de tests d'élèves, dont la pertinence est discutée lors de "débats scientifiques"¹⁵. Les résultats obtenus en France en SVT (Cariou, 2010) ont été corroborés par une équipe suisse des HEP de Vaud et BEJUNE (Berne, Neuchatel, Jura) en Physique (Noverraz *et al.*, 2006). Dans les deux pays, cette approche contribue également à la formation épistémologique des enseignants : ainsi, dans le canton de Vaud, cette recherche était-elle associée à ce module de 90h de haute qualité dont nous avons signalé l'existence, malheureusement sans autre équivalent à l'heure actuelle en France comme en Suisse.

Jean-Yves Cariou

LDES/Université de Genève

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BACHELARD G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, rééd. 1993.
- CARIOU J.-Y. (2010), « Les opinions vulnérables, tremplin vers le savoir », *Recherches en didactiques des sciences et des technologies* n°1.
- GIORDAN A. (1978), *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Paris, Centurion, 1978.
- JOHSUA, S. et DUPIN J.-J. (1993), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, P.U.F.
- LOEWI O. (1960), « An Autobiographic Sketch », *Perspect. Biol. Med.* n°4, 1960, p. 3-25.
- MONOD J. (1973), « Préface » à POPPER K. *La logique de la découverte scientifique* (trad.), Paris, Payot.
- NOVERRAZ J.-C., PARISOD J.-M., CHABLOZ B. (2006), « L'idée de science chez des écoliers du secondaire en lien avec l'enseignement reçu », *Formations et pratiques d'enseignement en questions* n°4, 2006, p. 305-334.

¹⁵ Thèse en ligne : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00521174/fr/>

ROHAULT, J. (1671), *Traité de physique*, Veuve de J.-B. Guillimin, rééd. 1696.

Référence des standards suisses

Standards de base pour les sciences naturelles, documents pour la procédure d'audition Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique, 25 janvier 2010,
http://edudoc.ch/record/36471/files/Standards_Nawi_f.pdf

Consortium HarmoS sciences naturelles - Rapport scientifique de synthèse et modèle de compétences
Version provisoire (avant adoption des standards de base) - Etat : juillet 2009,
http://www.edudoc.ch/static/web/arbeiten/harmos/sc_nat_rapp_synth_2009.pdf